



TITLE:

ストック・オプション公正価値評価のための数理モデル:サーベイ (不確実な状況における意思決定の理論と応用)

AUTHOR(S):

木村, 俊一; 佐藤, 集子

CITATION:

木村, 俊一 ...[et al]. スtock・オプション公正価値評価のための数理モデル:サーベイ
(不確実な状況における意思決定の理論と応用). 数理解析研究所講究録 2008, 1589: 65-74

ISSUE DATE:

2008-04

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/81585>

RIGHT:

ストック・オプション公正価値評価のための数理モデル： サーベイ

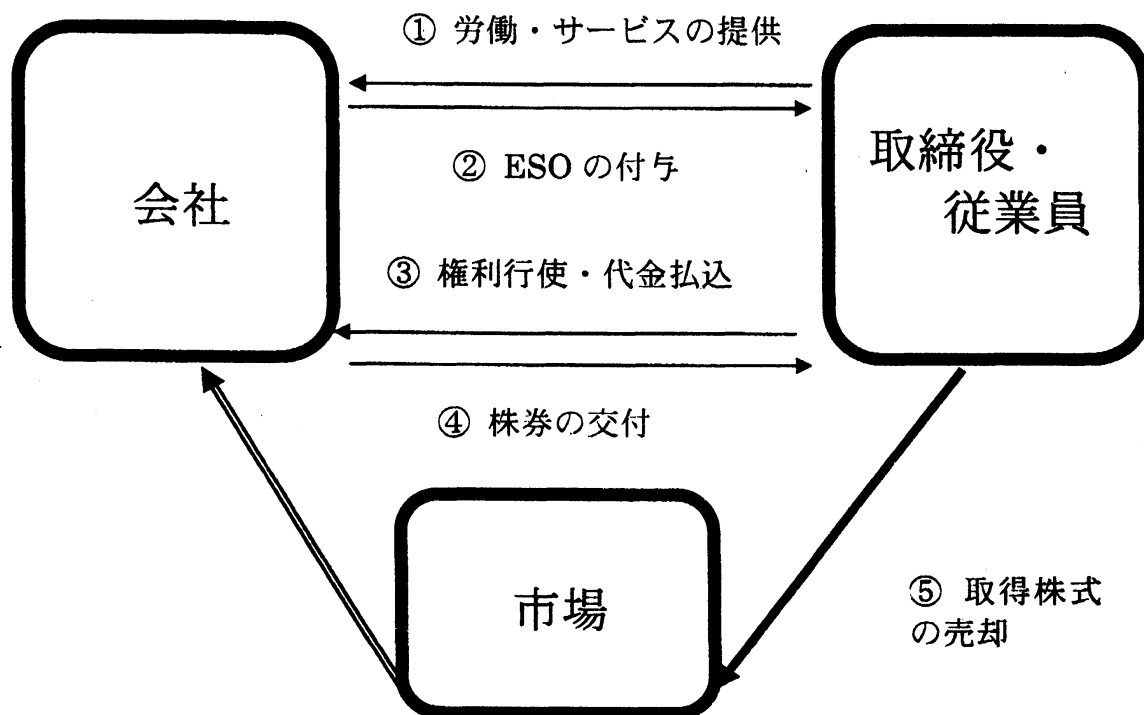
北海道大学・経済学研究科 木村俊一 (Toshikazu Kimura)・佐藤集子 (Shuko Sato)
Graduate School of Economics and Business Administration
Hokkaido University

1. スtock・オプション

1.1. スtock・オプションとは

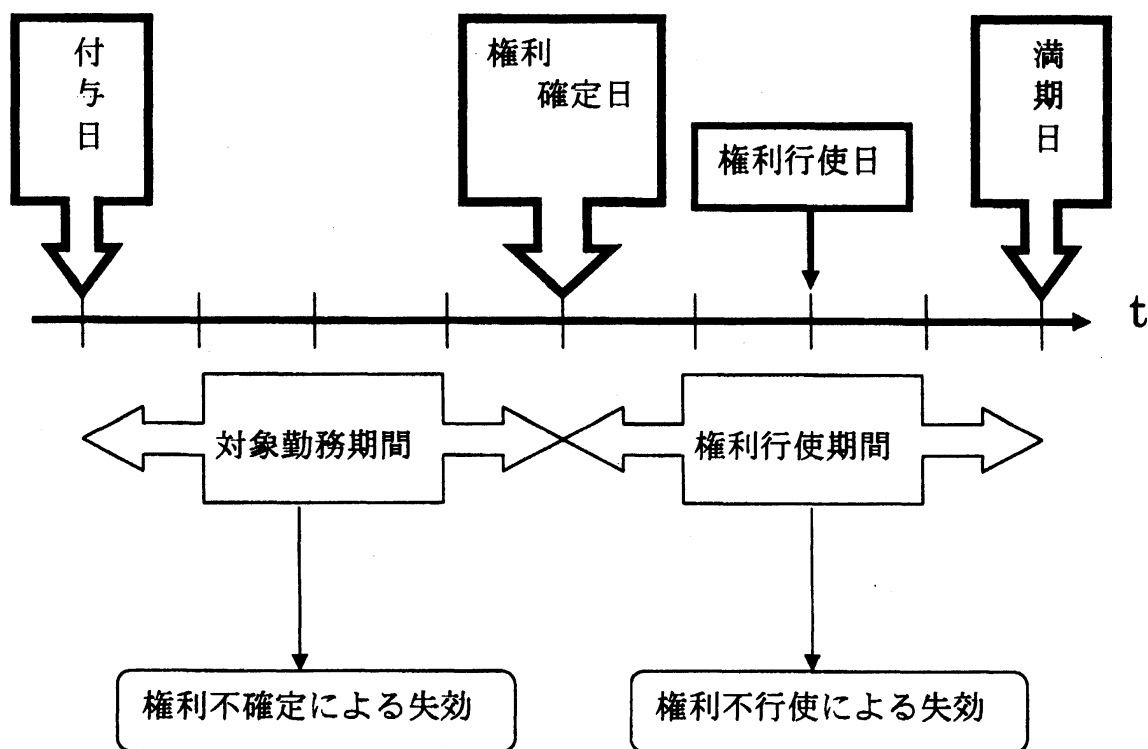
ストック・オプションとは、自社株式オプションといわれる自社の株式を原資産とするコール・オプションのうち、特に企業がその従業員等に、報酬として付与するものをいう。ここで、従業員等とは企業と雇用関係にある使用人の他に、企業の取締役、会計参与、監査役および執行役並びにこれに準ずる者を含むため、ストック・オプションは ESO (Executive/Employee Stock Option) と略されることが多い。

ストック・オプション制度の仕組みは以下の図のようになる。まず、従業員や取締役が会社に対して労働やサービスを提供し、その対価として会社が無償でストック・オプションを発行する。そこで、ストック・オプションを付与された従業員や取締役は、将来、株価が上昇して権利行使価格を上回った時点で会社に対し権利を行使し、あらかじめ定められた代金を払い込む。それに対して、会社は権利行使を受け、新株あるいは会社の有する自己株式を交付する。このように、取締役や従業員は、権利行使価格で取得した株式を証券市場において時価で売却することにより譲渡益を取得する。ここで、株式の時価が権利行使価格を上回れば、ストック・オプションを付与された取締役や従業員は権利行使を行って、取得株式を市場で売却することにより、キャピタルゲインとしての報酬を得ることができるが、株式の時価が上昇しない場合には、取締役や従業員は権利行使を行わずに、ストック・オプションを放棄することになる。



1.2. ストック・オプション制度に関するスケジュール

ストック・オプション制度に関するスケジュールは以下で与えられる：ストック・オプションが従業員等に付与された日である「付与日」から始まり、勤務条件や業績条件を満たし、ストック・オプションの権利が確定した「権利確定日」、そして「満期日」という時間軸で表すことができる。一般に、付与日から満期日までは約10年である。ここで、付与日から権利確定日までを「対象勤務期間」といい、ストック・オプションと報酬関係にあるサービスの提供期間のことを指す。日本では2年、米国では3年であることが多い。この期間に勤務条件や業績条件が達成されなかった場合には、権利不確定によりストック・オプションは失効する。退職がその例として挙げられる。また、権利確定日から満期日までを「権利行使期間」という。この期間にストック・オプションの権利を行使することが可能であり、ストック・オプション保有者が権利を行使したことにより行使価格に基づく金額が払い込まれ、その払い込まれた日のことを「権利行使日」という。この期間に権利を行使しなければ、ストック・オプションは失効する。



1.3. ストック・オプションの機能

ストック・オプション制度のメリットおよびデメリットには、以下のようなものが挙げられ、実際にストック・オプション制度を導入する場合には、これらのことを考慮する必要がある。

まず、ストック・オプションのメリットには、以下の6つがある。

1. **インセンティブ効果：** ストック・オプションの権利保有者の利益であるキャピタルゲインが株価上昇と直接連動しているため、権利保有者は株価上昇のために会社業績の向上に努めるというインセンティブとしての効果が期待できる。
2. **コミットメント効果：** 株価を上げなければキャピタルゲインとしての報酬を得ること

ができないという制約的な効果をいう。インセンティブ効果は、飴とムチで例えれば、株価を上げれば報酬を得ることができるという意味で飴の効果といえるのに対して、コミットメント効果は、ムチの効果であるといえる。コミットメント効果の方が、より熱心に株価を上げる原動力となるはずで、主に権利行使期間が長い経営者に対して有効となる。

3. **有能な人材の確保・流出防止効果：** 会社の業績向上に伴う株価上昇により、巨額の報酬を獲得することも可能な魅力的な成功報酬制度を活用することにより、優秀な人材の確保および人材流出を防ぐ効果が期待できる。
4. **報酬コストの低減効果：** スtock・オプションの権利付与による報酬額は株価上昇に連動するため、株価上昇により報酬額が増大しても会社としてのコストは変わらない。したがって、会社にとっては株価を活用した低コストの成功報酬制度といえる。
5. **アナウンスメント効果：** スtock・オプション制度を導入することにより、会社が自社の株価や業績を強く意識しているという経営姿勢をアピールする効果が期待できる。
6. **エージェンシーコストの低減効果：** 所有と経営が分離されている株式会社において、実質的所有者である株主は、代理人である経営者の仕事を十分に監視できないため、モラル・ハザードの問題がおきる可能性がある。そのような株主と経営者の利害関係の不一致を解消する効果が期待できる。

また、ストック・オプションのデメリットには、主に以下の3つがある。

1. **既存株主にとっての株式価値の希薄化：** 安易にストック・オプションを大量に発行してしまうと、権利行使により時価より低い権利行使価格で株式を発行することとなり、既存株主にとっては株式価値の希薄化につながる。また、新規株式公開に際しては、過度な潜在株の存在は公開後の不確定要素とみなされる可能性がある。
2. **従業員の士気の低下：** スtock・オプションの付与基準の不明確さによる不平等感、付与後に株価が上昇せず期待した利益が得られそうにない場合の失望感等により、従業員の士気の低下をもたらす、有能な人材を流出してしまう可能性がある。
3. **経営陣のモラルの低下：** スtock・オプションが経営陣に付与された場合に、報酬の増大化を図るための株価第一主義となり、不当な決算処理や株価対策等のモラルの低下をもたらす可能性がある。

以上のようなストック・オプションのメリット、デメリットを把握した上で、ストック・オプション制度を慎重に検討して導入する必要がある。

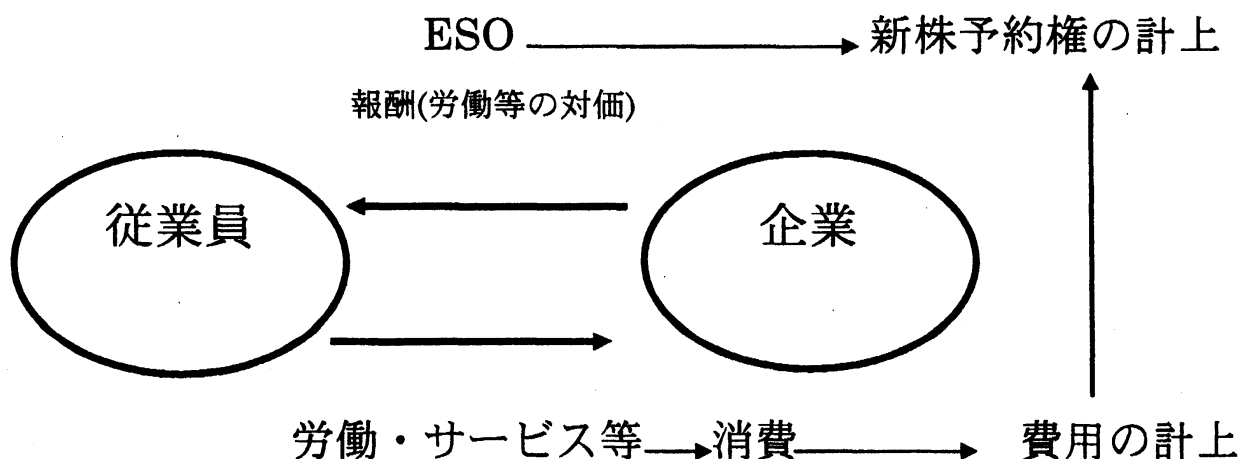
2. スtock・オプションの公正価値導入の背景

本節では、米国の動向、米国以外の国際的な動向、さらには日本におけるストック・オプションの公正価値導入の背景について見て行くことにする。

まず、ストック・オプションの発祥地である米国におけるストック・オプションは、50年以上の歴史があり、会計処理についても米国の会計制度が世界に先駆けてきた。米国においては、1948年に米国公認会計士協会「AICPA」から、ストック・オプションの費用化を求めるARB第37号「ストック・オプション形態の給付に関する会計処理」が公表され、ストック・オプションの価値をオプションの権利が確定するまでの期間にわたって費用化する処理方法が示された。ストック・オプションの公正価値評価に、オプション価格評価理論の適用を最初に示したのはSmith and Zimmerman (1976)である。その後、1990年代のITブームによって、ITベンチャー企業を中心にストック・オプションが多用されてきたことを背景に、1995年、原則としてストック・オプションを公正価値によって評価し費用化することを求めたFAS第123号「株式報酬の会計処理」が公表されたが、IT産業の強い反対にあい、従来のAPB意見書第25号による方法も容認された。しかし、2001年にエネルギーベンチャー企業のエンロン社の破綻事件をはじめとするコーポレート・ガバナンス不信が発生し、企業

の財務内容や会計処理の妥当性が注目されるようになった。そこで、ストック・オプションの費用認識の問題も、企業の財務状況を正しく読み取る観点からすれば、当時の基準では問題があるのではないかと批判を受け、上場企業の中には自社の財務諸表の透明性を主張するためにも、自発的に FAS 第 123 号を採用する企業が増えたが、その結果、採用する企業と採用しない企業との間で評価基準が異なるというダブルスタンダードの問題が生じた。そこで、2004 年にはすべてのストック・オプションを原則として公正価値を基礎として費用処理するとして改訂 FAS 第 123 号が公表され、2005 年から適用されることになりました。この改訂 FAS 第 123 号により、ストック・オプションを公正価値により評価することに一本化された。

国際会計基準(IFRS)においては、従来ストック・オプションに関する会計基準は存在しなかったが、2005 年から欧州連合(EU)域内に上場する約 7,000 社が IFRS を適用することに備え、2001 年に発足した国際会計基準審議会「IASB」がストック・オプションの費用認識について 2004 年に IFRS 第 2 号「株式報酬」を公表し、ストック・オプション取引を含むすべての株式報酬取引は原則として公正価値を基礎として、財務諸表で費用認識することとされた。国際的な会計基準への調和を図るために、2002 年の公開草案の公表以降の国際的な議論は、FASB 第 123 号の改訂に大きな影響を与えた。



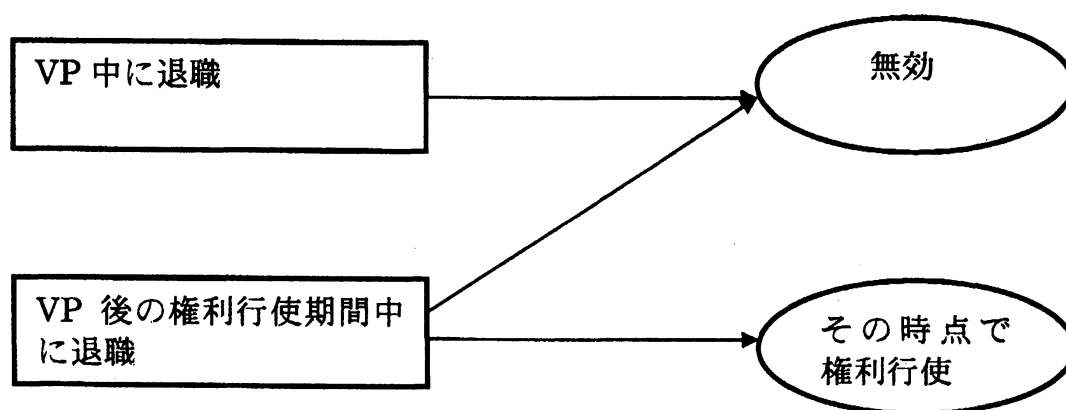
こうした国際的な動向に対して、日本においてストック・オプションが初めて登場したのは、ソニーがワラント債として擬似的なストック・オプションを発行した 1995 年といわれている。当時の商法では、自己株式の取得が原則禁止とされていたため、ストック・オプションを想定した規定は存在していなかった。しかし、1996 年にストック・オプションの導入を目的とした商法改正がなされ、ストック・オプションのための自己株式の取得および保有が 10 年まで認められると同時に、ストック・オプションの付与方法として自己株式方式と新株引受権方式が導入された。さらに、2001 年にストック・オプション関連規定を整理統合した商法改正がなされた。この改正により、新株予約権制度が創設され、付与の対象や期限の定めなくストック・オプションを発行することが可能となった。しかし、この時点までの商法においては、ストック・オプションは新株予約権の無償発行として、特に有利な条件で発行するものと捉えられ、株主総会の特別決議が必要であった。さらに、ストック・オプションは無償発行という形を取るため、新株予約権として計上されず、費用の認識もされないいわゆるゼロ評価であった。これに対し、米国会計基準と国際会計基準の動向から、日本においても 2005 年に「ストック・オプション会計基準」が公表され、この基準と同時に施行した会社法では、無償で発行するストック・オプションであっても、「従業員等からの労働・サ

ービスの対価として発行するもの」という解釈を採用し、原則として、公正な条件で発行するものと位置付けている。このため、ストック・オプションの発行は、公開会社の場合、株主総会の決議は不要であるとされ、取締役会決議で発行できるようになった。さらに、ストック・オプションに労働・サービスの対価性が認められる限り、これに対応して取得した労働・サービスの消費を費用として認識することが適当であるとし、費用認識の相手勘定として、権利の行使又は失効が確定するまでの間、貸借対照表の純資産の部に新株予約権として計上されることになった。このように、日本でのストック・オプションに関する会計基準の内容も、改訂 FASB 第 123 号や IFRS 第 2 号の流れに沿っているため、ストック・オプションの費用認識を公正価値で行うことが求められている。

ストック・オプションの公正価値を算定する際に、特に重要となる特徴は以下の 4 つである。

1. **早期行使 (early exercise)**: 満期以前にいつでも行使ができることを指す。具体的には、権利確定日から満期日までの権利行使期間にいつでも権利行使することができる。
2. **ヴェスティング (vesting)**: 対象勤務期間 (vesting period) 経過後にのみ権利行使ができることを意味する。すなわち、対象勤務期間中は権利行使ができないことを指す。
3. **譲渡禁止 (lack of transferability)**: 第三者へのストック・オプションの譲渡および売却が禁止されることを意味する。しかし、権利行使後の株式としての市場における譲渡および売却は認められている。
4. **失効 (forfeiture)**: スtock・オプションの保有者が対象勤務期間中に退職してしまった場合は、権利不確定による失効という形で権利が無効になる。また、ストック・オプションの保有者が、対象勤務期間後の権利行使期間中に退職した場合には 2 つの選択肢がある。1 つは、権利行使価格よりも株価が下がっている時 (アウト・オブ・ザ・マネー) には権利行使しないので、権利不行使による失効ということになって権利が無効になる。もう 1 つは、権利行使価格よりも株価が上昇している時 (イン・ザ・マネー) に、その時点で権利行使を行うということになる。

ESO の保有者



3. スtock・オプション評価の数理モデル

Stock・オプション評価の数理モデルには、先に述べたように、早期行使という特徴がある。既存の数理モデルは、その特徴をヨーロピアンオプションモデルの中で説明しようとするモデルと、アメリカンオプションモデルの中で説明しようとするモデルとに大別できる。

ヨーロピアンオプションモデルとは、契約期間中のあらかじめ定められた期日でのみ権利が行使できるモデルを指すが、この中で実現しようとするモデルとして

- ・ 修正 Black-Scholes モデル
- ・ 境界値オプションモデル
- ・ 誘導モデル

の3つがある。アメリカンオプションモデルとは、契約期間中の任意時点で権利行使ができるモデルを指すが、この中で実現しようとするモデルとしては

- ・ 拡張アメリカンオプションモデル
- ・ 効用最大化モデル

の2つがある。数理モデルにおいては以下の記号を用いることにする。

$S(t)$: 時刻 t での株価 ($0 \leq t < T$), $S(0) = S$

T_1 : 権利確定日 ($0 < T_1 < T$)

T : 満期

K : 権利行使価格

λ : 離職率

r : 安全利子率

σ : 株価ボラティリティ

3.1. 修正 Black-Scholes モデル

ヨーロピアンコールオプションに対する、いわゆる Black-Scholes モデル

$$C(S, K, r, \sigma, T) = SN(d_1) - Ke^{-rT}N(d_2)$$

の満期 T を Stock・オプションの平均寿命 (expected life) L で置き換えたモデルであり、SFAS123® (1995, 2004) において提案された。ここで、 $N(x)$ は 1 次元の標準正規分布関数を表し、

$$d_1 = \frac{\log(S/K) + (r + 0.5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad d_2 = \frac{\log(S/K) + (r - 0.5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

と定義される。適切な平均寿命 L を見積もることで、対象勤務期間、早期行使や譲渡禁止についても考慮したモデルである。しかし、このモデルでは、対象勤務期間中は離職しないことを仮定の下で算定している (Foster et al., 1991; Ammann and Seiz, 2004; Hull and White, 2004)。

3.2. 境界値オプションモデル

Hull and White (2004) によって提案され、対象勤務期間後に株価 S が行使価格 K の M 倍となる時点 ($S \geq MK$) で権利行使するモデルを指す。つまり、上方に境界 $S = MK$ を設定し、そこにヒットした時点で権利行使をするという境界値オプションモデルである。Hull and White のモデルは離散時間モデルであり、二項木によって表される。また、Stock・オプションの権利保有者は、単位時間当たり一定の率 λ で離職すると仮定する。 Δt を離散時間単位とし、二項木の時点 i のノード j における株価および Stock・オプション価格を、それぞれ $S_{i,j}$ および $f_{i,j}$ と定義すると、対象勤務期間中 (i.e., $i\Delta t < T_1$) の場合は

$$f_{i,j} = e^{-\lambda\Delta t} [pf_{i+1,j+1} + (1-p)f_{i+1,j}]$$

と表され、対象勤務期間後 (i.e., $i\Delta t \geq T_1$) の場合は2つに分けられて、 $S_{i,j} \geq MK$ のとき

$$f_{i,j} = S_{i,j} - K$$

逆に $S_{i,j} < MK$ のとき

$$f_{i,j} = (1 - e^{-\lambda\Delta t}) \max(S_{i,j} - K, 0) + e^{-\lambda\Delta t} e^{-r\Delta t} [pf_{i+1,j+1} + (1-p)f_{i+1,j}]$$

と表される。ここで p はリスク中立確率の下での二項木の上昇確率を表す。Hull and White モデルの連続時間版のモデルについても研究されている (Raupach, 2003; 三浦他, 2006 参照)。

3.3. 誘導モデル

Jennergren and Naslund (1993, 1995)によって提案された離職に関する連続時間ハザードモデルである。離職現象は、率 λ_f をもつポアソン過程にしたがって外生的に生じるものと仮定する。彼らのモデルでは離職のみしか考慮されていないが、Carr and Linetsky (2000) は、離職と早期行使の両方に関するハザードモデル提案している。すなわち、離職と早期行使は独立に生じ、何らかのショックに基づいて離職あるいは早期行使が起こると仮定する。早期行使率 λ_e は、時点 t における株価 $S(t)$ と権利行使価格 K に依存し、アウト・オブ・ザ・マネー ($S_t < K$) のときは離職のみとなるので、時点 t における総ハザード率 h_t は、例えば

$$h_t = \lambda_f + \lambda_e 1_{\{S_t < K\}}$$

と表すことができる。

3.4. 拡張アメリカンオプションモデル

SFAS® (1995, 2004)によって提案された対象勤務期間と早期行使を考慮した二項モデルである。境界値オプションモデルと同様に、二項木の時点 i のノード j における株価およびストック・オプション価格を、それぞれ $S_{i,j}$ および $f_{i,j}$ と定義すると、対象勤務期間中 (i.e., $i\Delta t < T_1$) の場合は

$$f_{i,j} = e^{-\lambda\Delta t} [pf_{i+1,j+1} + (1-p)f_{i+1,j}]$$

と表され、対象勤務期間後 (i.e., $i\Delta t \geq T_1$) の場合は

$$f_{i,j} = (1 - e^{-\lambda\Delta t}) \max(S_{i,j} - K, 0) + e^{-\lambda\Delta t} e^{-r\Delta t} [pf_{i+1,j+1} + (1-p)f_{i+1,j}]$$

と表すことができる。

3.5. 効用関数最大化モデル

Huddart (1994), Kulatilaka and Marcus (1994)によって、離散時間モデルとして最初に提案された。譲渡禁止を考慮して、株価を直接扱う代わりに、ストック・オプション保有者の効用関数を用いたモデルである。しかし、Carpenter (1998)は、米国における40社のデータを用いた実証研究により、効用関数最大化モデルを用いても、拡張アメリカンオプションモデルと大きな違いがないことを示した。効用関数最大化モデルのその後の拡張については、Rubinstein (1995), Detemple and Sundaresan (1999), Hall and Murphy (2002), Agliardi and Andergassen (2005), Bettis et al. (2005), Rogers and Scheinkman (2007)等を参照のこと。

以上の既存モデルにはいくつかの問題点がある。ヨーロッパンオプションモデルの問題点としては、

- ・ 修正 Black-Scholes モデルにおける平均寿命 L

- ・ 境界値オプションモデルにおける M
- ・ 誘導モデルにおけるハザード率 h_i

の設定において、経営者の恣意性が介入することと、これらの恣意的パラメータの値をいかにして見積もるのが不明であるという問題点がある。一方、アメリカンオプションモデルの問題点としては、連続時間モデルの解析が困難であるために二項モデルに限定されることが挙げられる。この欠点を克服するために、Kimura (2007)は標準的なアメリカンコールオプションに対する二次近似(MacMillan, 1986)を応用した近似解を提案している。

また、ヨーロピアンオプションモデルとアメリカンオプションモデルの両者に共通する問題点としては、

- ・ 離職率 λ が一定とは限らないこと
- ・ ストック・オプションのメリットであるコミットメント効果との関係
- ・ ヴェスティングが付与されない等の株価条件に対応していない

等が挙げられ、これらは今後の研究課題である。

4. 今後の動向と課題

ストック・オプションの公正価値を算定するためにストック・オプションの特徴や実務上容易に利用しやすいこと等を反映させるために、どのような特徴の数理モデルが必要なのかを今後調べる必要がある。そのためには、会計基準と税制、数理モデルの研究の両面からの研究が必要不可欠となる。まず、会計基準と税制については、2010年までに国際会計基準に収斂していくこと、つまり、国際標準化がストック・オプションの公正価値の算定にどのように影響してくるのか、また、会社法の施行およびストック・オプション等に関する会計基準の制定等に伴い、ストック・オプションに関する税務上の取り扱いも2006年度に全面的に改正されたため、ストック・オプションに対する法人税法上の損金算入はどのように取り扱われるのかが重要な要件となる。また、数理モデルの研究においては、例えば、

- ・ 株価条件や消却条件
- ・ 行使価格修正条項等のより複雑な条件
- ・ ジャンプ拡散過程等の株価過程の一般化

を反映させた数理モデル(Brenner, 2000; Johnson and Tian, 2000a,b; Rogers and Scheinkman, 2007)が、ストック・オプションの公正価値の算定に適しているのかを検証する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会平成19年度科学研究費補助金(基盤研究(B)「証券価格過程のモデル化とその応用に関する研究」)の助成を受けている。ここに記して感謝する。

参考文献

- 中嶋克久・野口真人『ストック・オプション会計と評価の実務』税務研究会出版局(2006)
- 監査法人トーマツ編『ケース別 ストック・オプションの設計・会計・税務』中央経済社(2007)
- Aboody, D. (1996), "Market valuation of employee stock options," *Journal of Accounting and Economics*, 22, 357-391.

Agliardi, E. and Andergassen, R. (2005), "Incentives of stock option based compensation," *Review of Quantitative Finance and Accounting*, 25, 21-32.

Ammann, M. and Seiz, R. (2004), "Valuing employee stock options: Does the model matter?," *Finance Analysts Journal*, 60, 21-37.

Bettis, J.C., Bizjak, J.M. and Lemmon, M.L. (2005), "Exercise behavior, valuation, and the incentive effects of employee stock options," *Journal of Financial Economics*, 76, 445-470.

Brenner, M., Sundaram, K. and Yermack, D. (2000), "Altering the terms of executive stock options," *Journal of Financial Economics*, 57, 103-128.

Carr, P. and Linetsky, V. (2000), "The valuation of executive stock options in an intensity-based framework," *European Finance Review*, 4, 211-230.

Carpenter, J.N. (1998), "The exercise and valuation of executive stock options," *Journal of Financial Economics*, 48, 127-158.

Detemple, J. and Sundaresan, S. (1999), "Non-traded asset valuation with portfolio constraints: A binomial approach," *Review of Financial Studies*, 12, 835-872.

Foster, T.W., Koolgler, P.R. and Vickrey, D. (1991), "Valuation of executive stock options and the FASB proposal," *The Accounting Review*, 66, 595-610.

Foster, T.W., Koolgler, P.R. and Vickrey, D. (1991), "Valuation of executive stock options and the FASB proposal: An extension," *The Accounting Review*, 68, 184-189.

Hall, B.J. and Murphy, K.J. (2002), "Stock options for undiversified executives," *Journal of Accounting and Economics*, 33, 3-42.

Huddart, S. (1994), "Employee stock options," *Journal of Accounting and Economics*, 18, 207-231.

Huddart, S. and Lang, M. (1996), "Employee stock option exercises: An empirical analysis," *Journal of Accounting and Economics*, 20, 5-43.

Jennergren, L.P. and Naslund, B. (1993), "A comment on "Valuation of executive stock options and the FASB proposal," *The Accounting Review*, 68, 179-183.

Jennergren, L.P. and Naslund, B. (1995), "A class of options with stochastic lives and an extension of the Black-Sholes formula," *European Journal of Operational Research*, 91, 229-234.

Johnson, S.A. and Tian, Y.S. (2000a), "The value and incentive effects of nontraditional executive stock option plans," *Journal of Financial Economics*, 57, 3-34.

Johnson, S.A. and Tian, Y.S. (2000b), "Indexed executive stock options," *Journal of Financial Economics*, 57, 35-64.

Hull, J. and White, A. (2004), "How to value employee stock options," *Financial Analysts Journal*, 60, 114-119.

Kulatilaka, N. and Murcus, A.J. (1994), "Valuing employee stock options," *Financial Analysts Journal*, 50, 46-56.

MacMillan, L.W. (1986). "Analytic approximation for the American put prices," *Advances in*

Futures and Options Research, 1, 119-139.

Raupach, P. (2003), "The valuation of employee stock options: How good is the standard?," Working Paper, Goethe University Frankfurt am Main, 2003.

Rogers, L.C.G. and Scheinkman, J. (2007), "Optional exercise of executive stock options," *Finance and Stochastics*, 11, 357-372.

Rubinstein, M. (1995), "On the accounting valuation of employee stock options," *Journal of Derivatives*, 3, 8-24.

Smith, C.W. and Zimmerman, J.L. (1976), "Valuing employee stock option plans using option pricing models," *Journal of Accounting Research*, 14, 357-364.